

# POLYTHIOPHENES AND DEVICE USING THESE

**Publication number:** JP2003261655  
**Publication date:** 2003-09-19  
**Inventor:** ONG BENG S; LIU PING; JIANG LU; QI YU; WU YILIANG  
**Applicant:** XEROX CORP  
**Classification:**  
**- international:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05; H01L51/30; C08G61/00; H01L29/66; H01L51/05; (IPC1-7): C08G61/12; H01L29/786; H01L51/00  
**- European:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2  
**Application number:** JP20030003065 20030109  
**Priority number(s):** US20020042358 20020111

## Also published as:

EP1329475 (A1)  
 US7132682 (B2)  
 US6770904 (B2)  
 US2005017311 (A1)  
 US2004201015 (A1)  
 US2004195566 (A1)  
 US2003160230 (A1)  
 EP1329475 (B1)

less <<

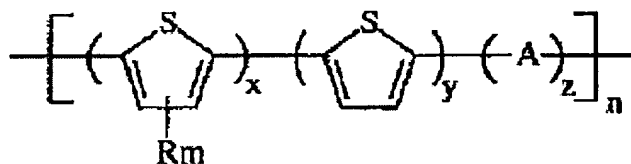
[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2003261655

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device using a semiconductive polymer which allows little doping by atmospheric oxygen and may be economically processed via solution treatment.

**SOLUTION:** An electronic device contains polythiophene of formula (I) (wherein R is a side chain; m is the number of substituents R; A is a divalent bonding group; x, y and z are the numbers of R<sub>m</sub>-substituted thienylenes, non-substituted thienylenes and divalent bonding groups A, respectively, provided that z is 0 or 1; and n is the number of monomer segments repeated in the polymer or the degree of polymerization).

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



(I)

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



**Family list**9 family members for: **JP2003261655**

Derived from 6 applications

[Back to JP2003261655](#)

- 1 Polythiophenes and devices thereof**  
**Inventor:** ONG BENG S (CA); LIU PING (CA); (+3) **Applicant:** XEROX CORP (US)  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+6)  
**Publication info:** **EP1329475 A1** - 2003-07-23  
**EP1329475 B1** - 2007-02-28
- 2 POLYTHIOPHENES AND DEVICE USING THESE**  
**Inventor:** ONG BENG S; LIU PING; (+3) **Applicant:** XEROX CORP  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+7)  
**Publication info:** **JP2003261655 A** - 2003-09-19
- 3 Polythiophenes and electronic devices generated therefrom**  
**Inventor:** ONG BENG S (CA); LIU PING (CA); (+3) **Applicant:** XEROX CORP (US)  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+5)  
**Publication info:** **US6770904 B2** - 2004-08-03  
**US2003160230 A1** - 2003-08-28
- 4 Polythiophenes and devices thereof**  
**Inventor:** ONG BENG S (CA); LIU PING (CA); (+3) **Applicant:** XEROX CORP (US)  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+5)  
**Publication info:** **US7132682 B2** - 2006-11-07  
**US2004201015 A1** - 2004-10-14
- 5 Polythiophenes and devices thereof**  
**Inventor:** ONG BENG S (CA); LIU PING (CA); (+3) **Applicant:** XEROX CORP (US)  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+5)  
**Publication info:** **US2004195566 A1** - 2004-10-07
- 6 Polythiophenes and electronic devices generated therefrom**  
**Inventor:** ONG BENG S (CA); LIU PING (CA); (+2) **Applicant:** XEROX CORP (US)  
**EC:** C08G61/12D1F; H01L51/00M2B2 **IPC:** C08G61/12; H01L29/786; H01L51/05 (+5)  
**Publication info:** **US2005017311 A1** - 2005-01-27

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-261655

(P2003-261655A)

(43) 公開日 平成15年9月19日 (2003.9.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
C 0 8 G 61/12		C 0 8 G 61/12	4 J 0 3 2
H 0 1 L 29/786		H 0 1 L 29/78	6 1 8 B 5 F 1 1 0
51/00			6 2 6 C
			6 1 7 M
		29/28	
		審査請求 未請求 請求項の数10	〇 L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-3065 (P2003-3065)  
(22) 出願日 平成15年1月9日 (2003.1.9)  
(31) 優先権主張番号 10/042, 358  
(32) 優先日 平成14年1月11日 (2002.1.11)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000798  
ゼロックス・コーポレーション  
アメリカ合衆国、コネチカット州、スタン  
フォード、ロング・リッジ・ロード 800  
(72) 発明者 ベング エス オング  
カナダ オンタリオ ミシシソーガ ハー  
ビー クレセント 2947  
(72) 発明者 ビング リュー  
カナダ オンタリオ ミシシソーガ デル  
ダーフィールド クレセント 1733  
(74) 代理人 100075258  
弁理士 吉田 研二 (外1名)

最終頁に続く

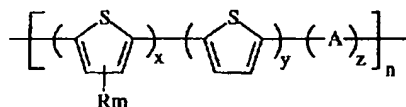
(54) 【発明の名称】 ポリチオフェン類及びそれを用いたデバイス

(57) 【要約】

【課題】 環境酸素によるドーピングを起こしにくく、  
溶液処理によって経済的に加工可能な半導体ポリマーを  
用いたデバイスを提供する。

【解決手段】 下記式のポリチオフェンを含むエレクト  
ロニックデバイスである。

【化1】



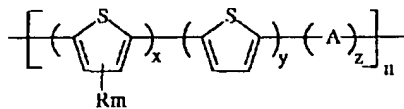
(I)

式中、Rは側鎖を示し、mは置換基Rの数を示し、Aは  
二価結合基であり、x、y、及びzはそれぞれモノマー  
セグメント中における、Rm置換チエニレン、非置換チ  
エニレン、及び二価結合基Aの数を示し、zは0又は1  
であり、nはポリマー中の繰り返しモノマーセグメント  
の数又は重合度を示す。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポリチオフェンを含むエレクトロニックデバイスであって、前記ポリチオフェンは下記の構造式を持ち、

## 【化1】



(I)

式中、Rは側鎖を示し、mは置換基Rの数を示し、Aは二価結合基であり、x、y、及びzはそれぞれモノマーセグメント中における、Rm置換チエニレン、非置換チエニレン、及び二価結合基Aの数を示し、zは0又は1であり、nはポリマー中の繰返しモノマーセグメントの数又は重合度を示すことを特徴とするエレクトロニックデバイス。

【請求項2】 請求項1に記載のデバイスであって、前記デバイスは、基板と、ゲート電極と、ゲート誘電体層と、ソース電極と、ドレイン電極と、前記ソース／ドレイン電極と前記ゲート誘電体層とに接した半導体層と、を含む薄膜トランジスタ(TFT)であり、前記半導体層は前記ポリチオフェンを含み、式中、Rは、アルコキシアルキル、シロキシ置換アルキル、パーハロアルキ

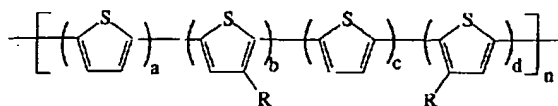
ル、又はポリエーテルであり、Aは、炭素数約6～約40のアリーレンから成る群より選ばれる二価結合基であり、mは1又は2であり、x及びyはそれぞれ、R置換チエニレン及び非置換チエニレン部分の数であってそれぞれ1～5であり、zは0又は1であって二価結合基の数を示し、nはモノマーセグメントの数を示すことを特徴とするデバイス。

【請求項3】 請求項1に記載のデバイスであって、nは約5～約5,000であり、いずれもポリスチレン標準を用いたゲル浸透クロマトグラフ法より求めた、ポリチオフェンの数平均分子量( $M_n$ )は約2,000～約10万であり、ポリチオフェンの重量平均分子量( $M_w$ )は約4,000～50万以上であることを特徴とするデバイス。

【請求項4】 請求項1に記載のデバイスであって、側鎖Rは、トリメチルシロキシアルキル、トリエチルシロキシアルキルであるシロキシアルキルであって、アルキルは必要に応じて約4～約10の炭素を含み、前記アルキルは、ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、又はオクチルであることを特徴とするデバイス。

【請求項5】 請求項1に記載のデバイスであって、前記デバイスは薄膜トランジスタであって、前記ポリチオフェンは下記式で示され、

## 【化2】



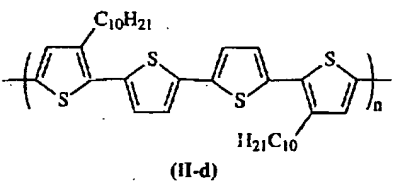
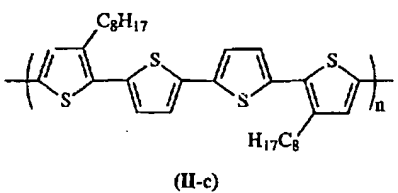
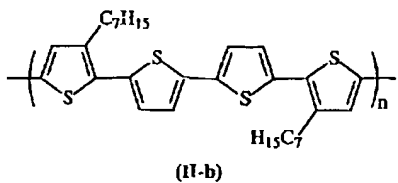
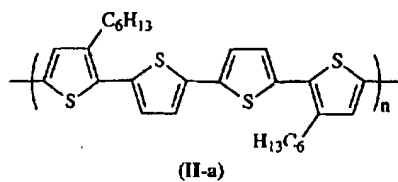
(II)

式中、Rは側鎖であり、a、b、c、及びdはチエニレン部分の数を示し、nは重合度であることを特徴とするデバイス。

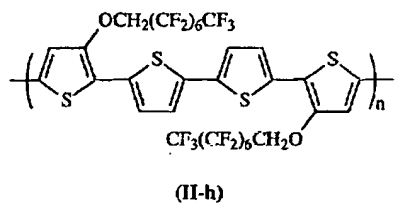
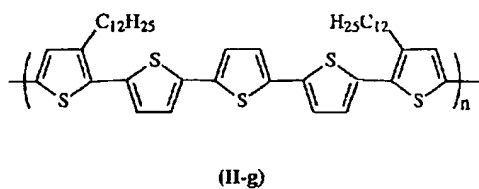
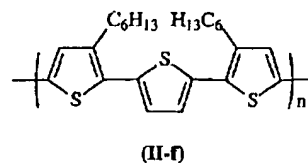
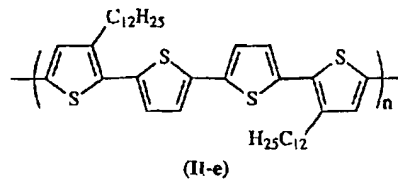
【請求項6】 下記式のポリチオフェン類(II-a)～(II-o)から成る群より選ばれるポリチオフェンを含むことを特徴とする薄膜トランジスタデバイス。

## 【化3】

!(3) 003-261655 (P2003-261655A)

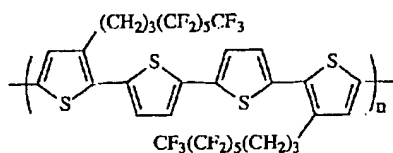


【化4】



【化5】

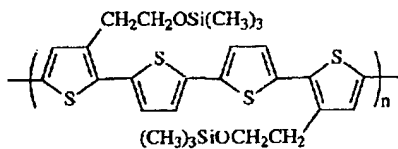
【化6】



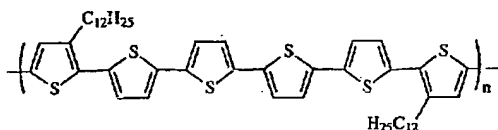
(II-i)



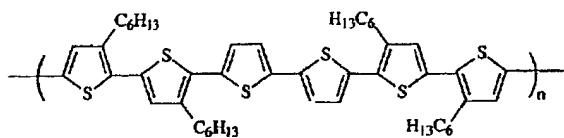
(II-j)



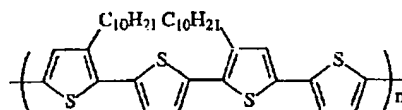
(II-k)



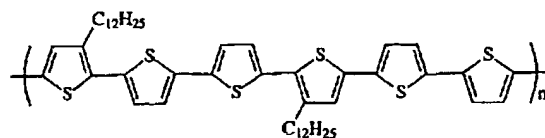
(II-l)



(II-m)



(II-n)



(II-o)

【請求項7】 請求項1に記載のデバイスであって、n は約5～約5,000の数であることを特徴とするデバ

イス。

【請求項8】 請求項5に記載のデバイスであって、 $n$ は約5〜約5,000の数であることを特徴とするデバイス。

【請求項9】 請求項1に記載のデバイスであって、 $R$ は、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、又はペンタデシルであり、 $m=1$ 、 $x=y=2$ 、 $z=0$ 又は1であることを特徴とするデバイス。

【請求項10】 請求項2に記載のデバイスであって、前記基板は、ポリエステル、ポリカーボネート、又はポリイミドであるプラスチックシートであり、前記ゲート、ソース、及びドレイン電極はそれぞれ独立して、金、ニッケル、アルミニウム、プラチナ、酸化インジウムチタン、又は導電性ポリマーを含み、前記ゲートは、窒化ケイ素又は酸化ケイ素を含む誘電体層であることを特徴とするデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般的に、ポリチオフェン類とその使用に関する。より詳細には、本発明は実施の形態において、特定の繰返しチエニレン単位がアルキルなどの側鎖を持ち、この側鎖がポリチオフェン主鎖上に位置規則性（レジオレギュラ：regioregular）に配列したポリチオフェン類であって、例えば薄膜電界効果トランジスタ（FET）の活性半導体材料として有用なポリチオフェン類に関する。

【0002】

【従来の技術】薄膜トランジスタ（TFT）の活性半導体材料として有用な、ある種のポリチオフェン類などの半導体ポリマーが報告されている。これらのポリマーの多くは有機溶媒に多少の溶解度を持つため、スピンコーティング、溶液キャストリング、浸漬塗布、スクリーン印刷、スタンプ印刷、ジェット印刷等の溶液処理によってTFT内の半導体チャネル層に加工することができる。通常の溶液処理によって加工できることは、水素化アモルファスシリコンTFTなどのシリコンベースのデバイスに特有なコストの高い従来のフォトリソグラフ処理に比べ、その製造をより簡単かつ低コストにする。更に、ポリマーTFTと呼ばれる、優れた機械的耐久性と構造可撓性を備えた、ポリチオフェン類などのポリマー材料から作られたトランジスタが望まれている。プラスチック基板上の可撓性TFTの製造のためには、優れた機械的耐久性と構造可撓性が非常に望ましい。可撓性TFTは、構造可撓性と機械的耐久性の特性を通常必要とする電子的デバイスの設計を可能にすると考えられる。有機又はポリマー半導体トランジスタ要素と共にプラスチック基板を用いれば、従来の堅牢なシリコンTFTを、機械的により頑丈で、構造可撓性のポリマーTFT設計に代えることができる。後者は、大面積画像センサ、電

子ペーパー、その他の表示媒体など、大面積デバイスにとって特に価値がある。また、スマートカード、無線周波データキャリア（RFID）タグ、メモリ/記憶デバイスなどの低価格のマイクロエレクトロニクス用の集積回路論理素子にポリマーTFTを用いると、その機械的耐久性が大きく向上し、その使用可能寿命が長くなる。しかし半導体ポリチオフェン類の多くは、周囲の酸素によって酸化的にドーパされ、導電率が増大してしまうため空気に触れると安定ではないと考えられる。この結果、これらの材料から製造したデバイスのオフ電流は大きくなり、そのため電流オン/オフ比は小さくなる。従ってこれらの材料の多くは、材料加工とデバイス製造の間に環境酸素を排除して酸化的ドーピングを起こさない、あるいは最小とするよう厳重に注意しなければならない。この予防措置は製造コストを押し上げるため、特に大面積デバイスのための、アモルファスシリコン技術に代わる経済的な技術としてのある種のポリマーTFTの魅力が削がれてしまう。これら及びその他の欠点は、本発明の実施の形態において回避され、あるいは最小となる。

【0003】なお、薄膜トランジスタTFTに用いられる有機半導体材料がいくつか例示されている（非特許文献1から非特許文献3、特許文献1から特許文献5）。

【0004】

【非特許文献1】D. J. Gundlachらの“Pentacene organic thin film transistors—molecular ordering and mobility”, IEEE Electron Device Lett. Vol. 18, p. 87 (1997)

【非特許文献2】F. Garnierらの“Molecular engineering of organic semiconductors: Design of self-assembly properties in conjugated thiophene oligomers”, Amer. Chem. Soc., Vol. 115, p. 8716 (1993)

【非特許文献3】Z. Baoらの“Soluble and processable regioregular poly(3-hexylthiophene) for field-effect thin film transistor application with high mobility”, Appl. Phys. Lett. Vol. 69, P. 4108 (1996)

【特許文献1】米国特許第6,150,191号明細書

【特許文献2】米国特許第6,107,117号明細書

【特許文献3】米国特許第5,969,376号明細書

【特許文献4】米国特許第5,619,357号明細書

【特許文献5】米国特許第5,777,070号明細書



【0005】

【発明が解決しようとする課題】TFTデバイスのような超小型電子装置用途に用いることができ、さらに有機溶媒に対してある程度の溶解性を有し溶液処理が可能であるポリチオフェン類などの有機半導体材料が未だ提供されていない。

【0006】また、酸素に対して強い耐光性を有し、比較的高い電流オン／オフ比を示すエレクトロニックデバイスが望まれている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の様々な代表的な実施の形態を図1～図4に示す。ここでは薄膜トランジスタ(TFT)構造体中のチャネル材料としてポリチオフェン類を用いている。

【0008】本発明の特徴は、TFTデバイスのような超小型電子デバイスの用途に有用な、ポリチオフェン類などの半導体ポリマーの提供である。

【0009】本発明の別の特徴は、その薄膜の吸収スペクトルから求めたバンドギャップが約1.5～約3eVであるポリチオフェン類の提供であり、このポリチオフェン類は、TFT半導体チャネル層材料としての使用に適する。

【0010】更にまた本発明の特徴は、超小型電子装置の構成要素体として有用なポリチオフェン類の提供であり、このポリチオフェン類は、ジクロロメタン、テトラヒドロフラン、トルエン、キシレン、メシチレン、クロロベンゼン等の一般的な有機溶媒に適度な、例えば約0.1重量%以上の溶解度を持ち、このためこれらの構成要素体を、スピンコーティング、スクリーン印刷、スタンプ印刷、浸漬塗布、溶液キャスト、ジェット印刷等の溶液処理によって経済的に製造することができる。

【0011】更に別の本発明の特徴は、ポリチオフェンチャネル層を持ち、その層の導電率が約 $10^{-6}$ ～約 $10^{-9}$ S/cm(ジーメンズ/センチメートル)であるTFTなどのエレクトロニックデバイスの提供である。

【0012】また更に本発明の特徴は、ポリチオフェン類とそれを用いたデバイスの提供であり、このデバイスは酸素の悪影響に対して強い抵抗性を示し、すなわちこのデバイスは比較的高い電流オン／オフ比を示し、その性能は実質的に、位置規則性ポリ(3-アルキルチオフェン-2,5-ジイル)などの位置規則性ポリチオフェ

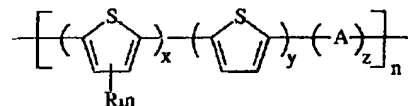
ン類から製造した同様のデバイスのように急激に低下することがない。

【0013】また別の本発明の特徴は、特殊な構造的特徴を持ち、これにより適当な加工条件下において分子が自己配列し、またその構造的特徴がデバイス性能の安定性をも向上させるようなポリチオフェン類の提供である。適当な分子配列は、効率良く電荷キャリアを移動させて高い電気的性能を得るために重要な、薄膜中のより高次の分子構造配列を可能とする。

【0014】より詳細には、本発明は下記化4の構造式(I)で示される、又はこれに包含されるポリチオフェン類に関するものである。

【0015】

【化7】

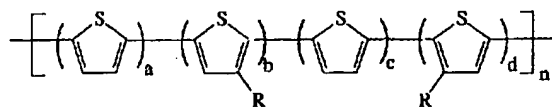


(I)

式中、例えば、Rは側鎖であって、例えば、アルキルとアルキル誘導体とを含み、アルキル誘導体は、アルコキシアルキル、シロキシ置換アルキル、パーフルオロなどのパーハロアルキル、オリゴエチレンオキシドなどのポリエーテル、ポリシロキシ等であり、Aは二価結合基であって、例えば、フェニレン、ビフェニレン、フェナントレニレン、ジヒドロフェナントレニレン、フルオレニレン、オリゴアリーレン、メチレン、ポリメチレン、ジアルキルメチレン、ジオキシアルキレン、ジオクシアアリーレン、オリゴエチレンオキシド等のアリーレンから成る群より選ばれ、mは側鎖の数であって、例えば1又は2であり、x及びyはそれぞれ、R置換チエニレン及び非置換チエニレン部分の数であり、zは二価結合基の数であって、通常0又は1であり、R置換及び非置換チエニレン部分と二価結合基との相対位置、及びnはセグメントの数を示す。モノマーセグメント中のAは、構造式(I)に示されるもの、つまり、例えば、TFTデバイスの半導体層として下記化5の構造式(II)に図示したポリチオフェン類(I)とは異なっても良い。

【0016】

【化8】



(II)

式中、Rは側鎖であって、例えば、アルコキシアルキル、シロキシ置換アルキル、パーフルオロなどのパーハロアルキル、オリゴエチレンオキシドなどのポリエーテ

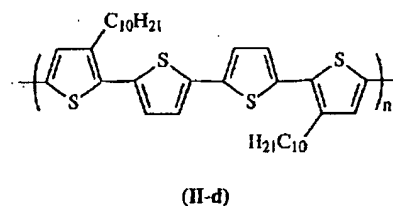
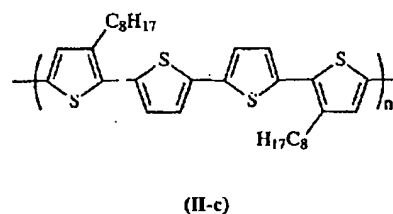
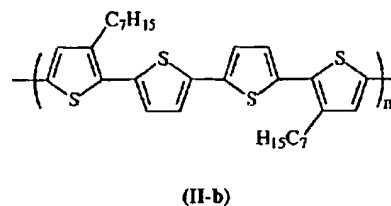
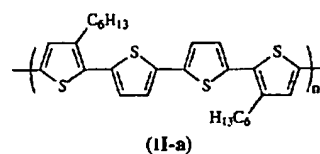
ル、ポリシロキシ誘導体、等のアルキル誘導体を含み、aは約0～約5の整数(又は数)であり、b、c、及びdは、約1～約5の整数であり、nは重合度であって、

約5～5,000以上、より詳細には約10～約1,000とすることができ、このときこのポリチオフエン類の、いずれもポリスチレン標準を用いたゲル浸透クロマトグラフ法より求めた、数平均分子量 ( $M_n$ ) は、例えば、約2,000～約10万、より詳細には約4,000～5万であり、その重量平均分子量 ( $M_w$ ) は約4,000～約50万、より詳細には約5,000～約10万とすることができる。ポリチオフエン類 (I) 及び (II) の側鎖の例としては、アルキル、アルコキシアルキル、ポリエーテル鎖、パーハロアルキル、ポリシロキシ鎖等が挙げられ、アルキルは例えば、炭素数約1～約25、より詳細には約4～約12 (この範囲の数を全て含む。例えば、4、5、6、7、8、9、10、11、及び12) の、ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシル、それらの異性体、それらの混合物等であり、アルコキシアルキルは例えば、炭素数約2～約30の、例えば、メトキシプロピル、メトキシブチル、メトキシペンチル、メトキシヘキシル、メトキシヘプチル等であり、ポリエーテル鎖はポリエチレンオキシドなどであり、パーハロアルキルはパーフルオロアルキルなどであり、ポリシロキシ鎖はトリアルキルシロキシアリル誘導体などである。

【0017】ポリチオフエン類の具体例は、 $n$  が本件に明示のものである。

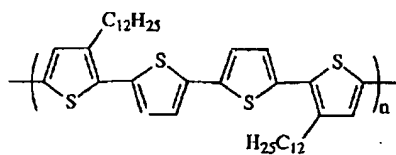
【0018】

【化9】

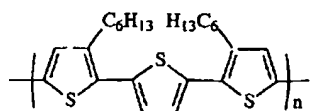


【化10】

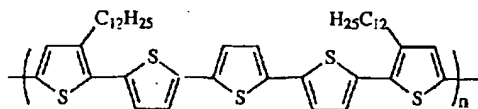
【化11】



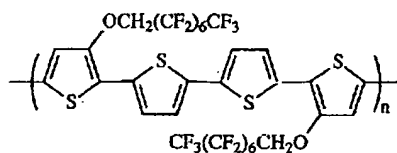
(II-e)



(II-f)

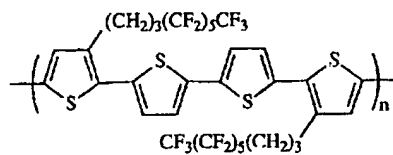


(II-g)

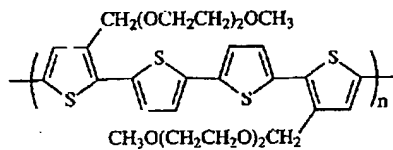


(II-h)

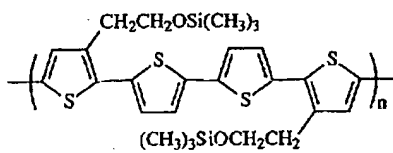
!(9) 003-261655 (P2003-261655A)



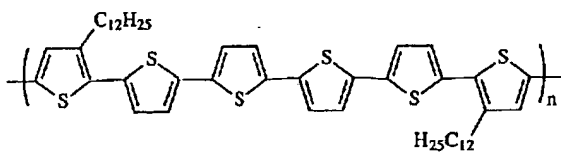
(II-i)



(II-j)

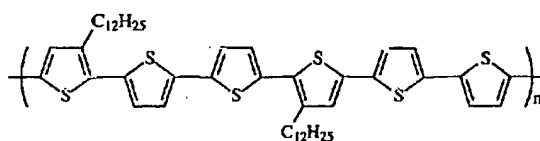
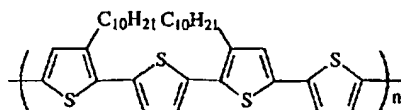
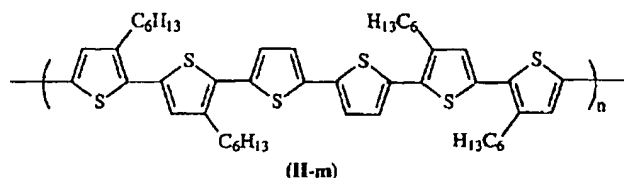


(II-k)



(II-l)

【化12】



## 【0019】

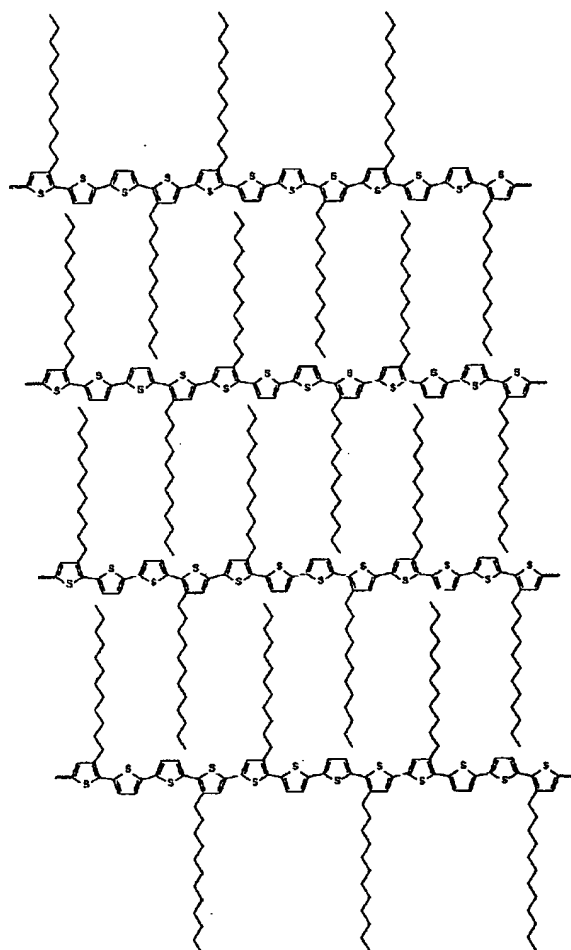
【発明の実施の形態】実施の形態においてこのポリチオフェン類は、一般的な被覆用溶媒に可溶であり、例えば、実施の形態において、ジクロロメタン、1, 2-ジクロロエタン、テトラヒドロフラン、トルエン、キシレン、メシチレン、クロロベンゼン等の溶媒に約0.1重量%以上、より詳細には約0.5~約5重量%の溶解度を持つ。更に、本発明の実施の形態のポリチオフェン類をTFTデバイスの半導体チャネル層に加工すると安定した導電率となり、一般的な4プローブ伝導率測定法によれば、例えば、約 $10^{-9}$ ~約 $10^{-6}$  S/cm、より詳細には約 $10^{-8}$ ~約 $10^{-7}$  S/cmである。更に、ポリチオフェン類(II)は、後述の、ポリチオフェン(II-e)の4本のポリマー鎖を図示した構造式IIIに示すように、ポリチオフェン主鎖上に位置規則性に並んだ側鎖を含んでいる。(II)に計画的に配置された側鎖は、側鎖の適切な配列を促進し、薄膜中により高次の微小構造ドメインを形成することができる。これらのポリチオフェン類は、溶液から、例えば約10~約500 nmの薄膜に製造すると、密に積み重なったラメラ構造を形成し、これは導電性で効率良く電荷キャリアを移動すると考えられる。(II)中に組み込まれた非置換チエニレン部分は多少の回転自由度を持つため、酸化的ドーピングを十

分に抑制する程度にポリチオフェン系に広がる $\pi$ 共役を妨げる。従って、これらの材料は周囲条件下でより安定であり、これらのポリチオフェン類から製造したデバイスは、位置規則性ポリ(3-アルキルチオフェン-2, 5-ジイル)などの位置規則性ポリチオフェン類のものより機能的により安定である。保護しなくても、前述の安定な材料とデバイスは通常数週間以上も安定である。これに対し、位置規則性ポリ(3-アルキルチオフェン-2, 5-ジイル)の場合、周囲の酸素に曝すと数日、あるいは数時間で劣化してしまう。このように、本発明の実施の形態のポリチオフェン類から製造したデバイスは、高い電流オン/オフ比を持ち、その性能特性は実質的に、材料調製、デバイス製造、及び評価の間に周囲の酸素を排除するよう厳重な操作上の対策を講じなくとも、ポリ(3-アルキルチオフェン-2, 5-ジイル)のものほど急激には変化しない。実施の形態において本発明のポリチオフェンは酸化的ドーピングに対して安定であり、特に低コストデバイスの製造にとっては、通常不活性雰囲気中で扱う必要がないためその加工がより単純かつ低コストであり、その製造を大規模な製造工程に適用することができる。

## 【0020】

## 【化13】

構造式III



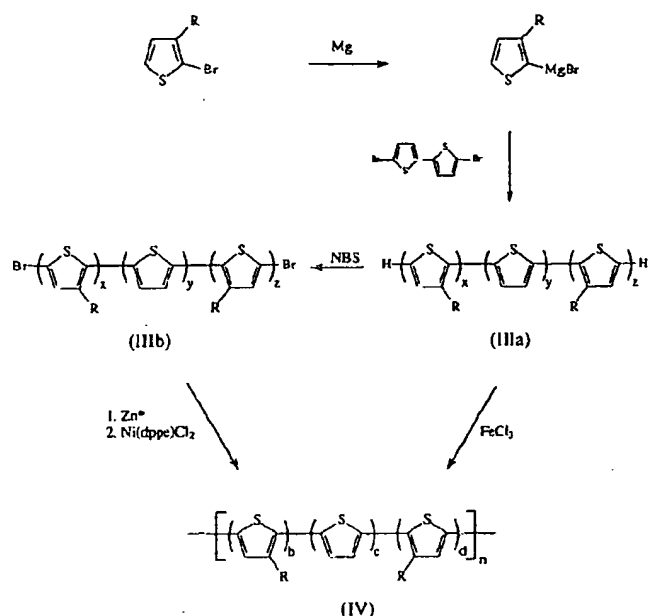
本発明のポリチオフェン類の調製は、スキーム1に描かれた一般的な方法に従って、(IIIa)又は(IIIb)などの適切に組み立てられたオリゴチオフェンモノマーからのポリチオフェン(IV)の調製を参照して説明することができる。ポリチオフェン(IV)は、ポリチオフェン(II)の $a=0$ 、 $b=d=1$ の場合である。モノマー(IIIa)は、3-R-チエニル-2-マグネシウム=プロミドと、5,5'-ジプロモ-2,2'-ジチオフェンとの反応から容易に得ることができる。モノマー(IIIa)又は(IIIb)は、末端チエニレン単位上に計画的に配置された側鎖を持つため、重合すると、生成するポ

リチオフェン(IV)は、その主鎖上に位置規則的に並んだ側鎖を有する。位置規則性カップリング反応が必要なポリ(3-アルキルチオフェン-2,5-ジイル)などの位置規則性ポリチオフェン類の調製とは異なり、本発明のポリチオフェン類は、位置規則性の複雑さの無い通常の重合法により調製できる。詳細には、ポリチオフェン(IV)の調製には、(IIIa)の $\text{FeCl}_3$ を介在させた酸化的カップリングを用いると良い。

【0021】

【化14】

スキーム 1



NBS: N-ブロモスクシンイミド

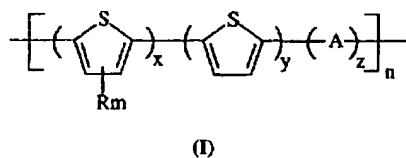
Ni(dppe)Cl<sub>2</sub>: [1, 2-ビス(ジフェニルホスフィノエタン)]ジクロロニッケル (II)

この重合は通常、クロロホルムなどの塩化物溶媒に溶解した1モル等量の(IIIa)を、同じ塩化物溶媒に懸濁した約1～約5モル当量の無水FeCl<sub>3</sub>に加えることにより行う。得られた混合物を、乾燥空気気流中、あるいは乾燥空気の泡をゆっくり反応混合物中に通しながら、約25～約60℃の温度で、約30分～約48時間反応させる。反応後、反応混合物を水又は希塩酸水溶液で洗い、希アンモニア水溶液と約15分～1時間攪拌した後、水で洗い、非溶剤から沈殿させ、また必要に応じて、メタノール、トルエン、キシレン、クロロベンゼン等の適当な溶媒を用いてソックスレー抽出によりポリチオフェン生成物を抽出し、ポリマー生成物を単離することができる。こうして得られたポリチオフェン生成物は、メタノールやアセトンなどの適当な溶媒からの沈殿により更に精製可能である。

【0022】本発明の態様は次のとおりである。下記の化学式のポリチオフェンを含むエレクトロニックデバイスである。

【0023】

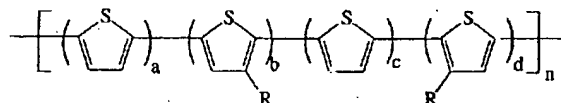
【化15】



式中、Rは側鎖を示し、mは置換基Rの数を示し、Aは

二価結合基であり、x、y、及びzはそれぞれモノマーセグメント中における、R<sub>m</sub>置換チエニレン、非置換チエニレン、及び二価結合基Aの数を示し、zは0又は1であり、nはポリマー中の繰り返すモノマーセグメントの数又は重合度を示す。；基板と、ゲート電極と、ゲート誘電体層と、ソース電極と、ドレイン電極と、ソース／ドレイン電極とゲート誘電体層とに接した半導体層と、を含む薄膜トランジスタ(TFT)であるデバイスであって、半導体層はポリチオフェンを含み、式中、Rは、アルコキシアルキル、シロキシ置換アルキル、パーハロアルキル、又はポリエーテルであり、Aは、炭素数約6～約40のアリーレンから成る群より選ばれる二価結合基であり、mは1又は2であり、x及びyはそれぞれ、R置換チエニレン及び非置換チエニレン部分の数であってそれぞれ1～5であり、zは0又は1であって二価結合基の数を示し、nはモノマーセグメントの数を示す。；nは約5～約5,000であり、ポリチオフェンの、いずれもポリスチレン標準を用いたゲル浸透クロマトグラフ法より求めた、数平均分子量(M<sub>n</sub>)は約2,000～約10万であり、重量平均分子量(M<sub>w</sub>)は約4,000～50万以上であるデバイス。；Rは1～約20の炭素原子を含むアルキルであり、nは約10～約1,000であり、M<sub>n</sub>は約4,000～約5万であり、M<sub>w</sub>は約5,000～約10万であるデバイス。；アルキル側鎖Rは6～約12の炭素原子を含むデバイス。；アルキル側鎖Rは、ブチル、ベンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシ

ル、又はドデシルであるデバイス。；側鎖Rは炭素数約2～約15のパーフルオロアルキルであるデバイス。；側鎖Rは、トリメチルシロキシアリル、トリエチルシロキシアリルであるシロキシアリルであって、アルキルは必要に応じて約4～約10の炭素を含み、アルキルはブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、又はオクチルであるデバイス。；二価結合基Aは炭素数約6～約40のアリーレンであるデバイス。；二価結合基Aは、

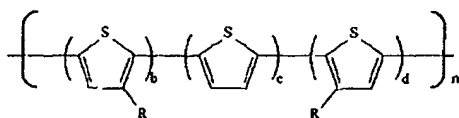


(II)

式中、Rは側鎖であり、a、b、c、及びdはチエニレン部分の数を示し、nは重合度である。；Rは約1～約20の炭素原子を含むアルキルであるデバイス。；Rは約6～約12の炭素原子を含むアルキルであるデバイス。；Rは、ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、又はドデシルであるデバイス。；b及びdは約1～約5であるデバイス。；b及びdは約1～約3であるデバイス。；aは約0～約5であり、cは約1～約5であり、又はaは約0～約3であり、cは約1～約3であるデバイス。；下記構造式(IV)で示されるポリチオフェンを含む薄膜トランジスタ。；

【0025】

【化17】



(IV)；

本願に示す上述したポリチオフェン類(II-a)～(II-o)から成る群より選ばれるポリチオフェンを含む薄膜トランジスタデバイス。；本願に示す(II-a)～(II-e)から成る群より選ばれるポリチオフェンを含む薄膜トランジスタ。；nは約5～約5,000の数であるデバイス。；nは約5～約3,000の数であるデバイス。；Rは、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、又はペンタデシル等であり、m=1、x=y=2、z=0又は1であるデバイス。；Rは、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシル、トリデシル、テトラデシル、又はペンタデシルであり、m=1、x=y=2、z=0又は1であるデバイス。；使用するポリチオフェンは約2,000～約10万のM<sub>n</sub>と、約4,000～約50万のM<sub>w</sub>とを有するデバイス。；使用するポリチオフェンは約2,000～

フェニレン、ビフェニレン、フェナントレニレン、9,10-ジヒドロフェナントレニレン、フルオレニレン、メチレン、ポリメチレン、ジオキシアリレン、ジオキシアリーレン、及びオリゴエチレンオキドから成る群より選ばれるTFTデバイス。；下記化学式により示されるポリチオフェンを含む薄膜トランジスタ。

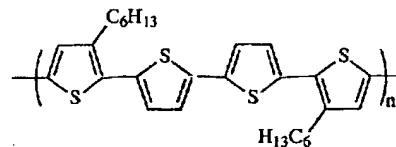
【0024】

【化16】

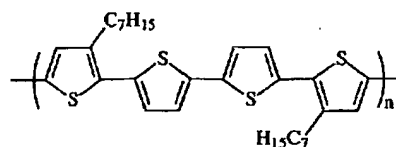
約10万のM<sub>n</sub>と、約4,000～約100万のM<sub>w</sub>とを有するデバイス。；ポリチオフェンは下記構造式(II-a)～(II-e)から成る群より選ばれ、式中、nは約50～約3,000の数であるデバイス。；

【0026】

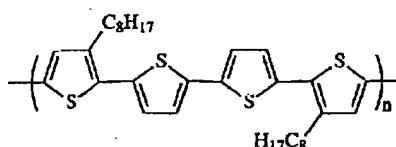
【化18】



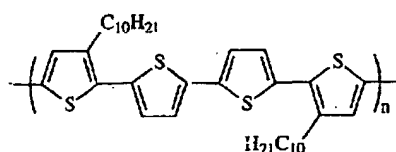
(II-a)



(II-b)



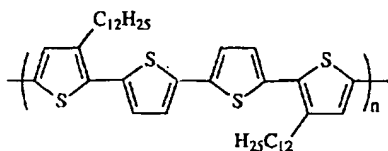
(II-c)



(II-d)



## 【化19】



(II-e);

基板は、ポリエステル、ポリカーボネート、又はポリイミドであるプラスチックシートであり、ゲート、ソース、及びドレイン電極はそれぞれ独立して、金、ニッケル、アルミニウム、プラチナ、酸化インジウムチタン、又は導電性ポリマーを含み、ゲートは、窒化ケイ素又は酸化ケイ素を含む誘電体層であるTFTデバイス。；基板はガラス又はプラスチックシートであり、ゲート、ソース、及びドレイン電極はそれぞれ金を含み、ゲート誘電体層は、ポリ（メタクリレート）、又はポリ（ビニルフェノール）である有機ポリマーを含むTFTデバイス。；ポリチオフェン層は、スピンコーティング、スタンプ印刷、スクリーン印刷、又はジェット印刷である溶液処理により形成されるデバイス。；ゲート、ソース、及びドレイン電極、ゲート誘電体、半導体層は、スピンコーティング、溶液キャスト、スタンプ印刷、スクリーン印刷、又はジェット印刷である溶液処理により形成されるデバイス。；基板は、ポリエステル、ポリカーボネート、又はポリイミドであるプラスチックシートであり、ゲート、ソース、及びドレイン電極は、ポリスチレンスルホナートをドーブしたポリ（3，4-エチレンジオキシチオフェン）である有機導電性ポリマー、又は、ポリマーバインダ中に銀をコロイド状に分散させた導電性インキ／ペースト化合物から製造され、ゲート誘電体層は、有機ポリマー又は無機酸化粒子／ポリマー複合材であるTFTデバイス。；TFTなどのエレクトロニックデバイスを含むデバイス又はデバイス類。

【0027】図1は、基板16と、それに接した金属接点18（ゲート電極）と、絶縁性誘電体層14の層と、その上に置かれた2つの金属接点20及び22（ソース及びドレイン電極）を含むTFT構造体10の概略図である。ゲート電極は、その一部又はゲート全体が誘電体層14と接している。金属接点20及び22の上と間にはポリチオフェン半導体層12がある。ゲート電極は、基板中、誘電体層中などのどこに含まれていても良い。

【0028】図2は、基板36と、ゲート電極38と、ソース電極40と、ドレイン電極42と、絶縁性誘電体層34と、ポリチオフェン半導体層32を含む、別のTFT構造体30の概略図である。

【0029】図3は、ゲート電極として作用することのできる高濃度n-ドーパシリコンウエハ56と、熱により生成した酸化ケイ素誘電体層54と、ポリチオフェン半導体層52と、その上に置かれたソース電極60とド

レイン電極62と、ゲート電極接点64を含む、更なるTFT構造体50の概略図である。

【0030】図4は、基板76と、ゲート電極78と、ソース電極80と、ドレイン電極82と、ポリチオフェン半導体層72と、絶縁性誘電体層74を含む、TFT構造体70の概略図である。

【0031】本発明の一部の実施の形態では、必要に応じて、図1～図4の各トランジスタ構造体の上に保護層を加えても良い。図4のTFT構造体では、絶縁性誘電体層74は保護層としても機能する。

【0032】実施の形態において、また更に本発明とその図を参照するなら、基板層は一般に、目的とする用途に応じて、様々な適当な形のシリコンを含むシリコン材料、ガラス板、プラスチックフィルム又はシート、等である。構造可撓性のデバイスでは、例えば、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミドシート等のプラスチック基板を用いる。基板の厚さは、例えば約10μm～10mm以上であり、詳細な厚さは、可撓性のプラスチック基板では約50～約100μm、ガラス又はシリコンなどの堅牢な基板では約1～約10mmである。

【0033】ゲート電極をソース及びドレイン電極と隔てることができ、半導体層に接している絶縁性誘電体層は一般に、無機材料膜、有機ポリマー膜、又は有機-無機複合材料膜とすることができる。誘電体層の厚さは、例えば約10nm～約1μm、より詳細な厚さは約100～約500nmである。誘電体層に適した無機材料の具体例としては、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸化アルミニウム、チタン酸バリウム、ジルコン酸チタン酸バリウム、等が挙げられ、誘電体層に適した有機ポリマーの具体例としては、ポリエステル類、ポリカーボネート類、ポリ（ビニルフェノール）、ポリイミド類、ポリスチレン、ポリ（メタクリレート）類、ポリ（アクリレート）類、エポキシ樹脂、等が挙げられ、無機-有機複合材料の具体例としては、ポリエステル、ポリイミド、エポキシ樹脂等のポリマー中に分散した超微小金属酸化物粒子などが挙げられる。絶縁性誘電体層の厚さは通常、使用する誘電体材料の比誘電率に応じて約50～約500nmである。より詳細には、誘電体材料は例えば約3以上の比誘電率を持つため、約300nmの適当な誘電体の厚さがあれば望ましい静電容量、例えば約10<sup>-9</sup>～約10<sup>-7</sup>F/cm<sup>2</sup>とすることができる。

【0034】例えば誘電体層とソース／ドレイン電極との間に接して、本願に述べるポリチオフェン類を含む活性半導体層を置く。このとき、この層の厚さは通常、例えば約10nm～約1μm、又は約40～約100nmである。この層は通常、本発明のポリチオフェン類の溶液からスピンコーティング、キャスト、スクリーン、スタンプ、又はジェット印刷などの溶液処理によって製造可能である。

【0035】ゲート電極は、金属薄膜、導電性ポリマー

膜、導電性インキ又はペーストから作った導電性膜、あるいは基板自体（例えば、高濃度にドーパしたシリコン）とすることができる。ゲート電極材料の例としては、アルミニウム、金、クロム、酸化インジウムスズ、導電性ポリマー類、導電性インキ／ペースト等が挙げられるが、これらに限るものではない。導電性ポリマーは、ポリスチレンスルホナートをドーパしたポリ（3，4-エチレンジオキシチオフェン）（PSS/PEDOT）などであり、導電性インキ／ペーストは、カーボンブラック／グラファイト又はコロイド状の銀をポリマーバインダ中に分散したもの（例えば、アチソン・コロイズ社（Acheson Colloids Company）製のエレクトロダグ（ELECTRODAG）や、銀を充填した導電性熱可塑性インキ（ノエル・インダストリーズ（Noelle Industries）製）である。ゲート層は、真空蒸着、金属又は導電性金属酸化物のスパッタリング、導電性ポリマー溶液又は導電性インキあるいは分散液のスピンコーティング、キャストイング、又は印刷による塗布によって調製可能である。ゲート電極層の厚さは、例えば約10 nm～約10 μmであり、詳細な厚さは例えば、金属薄膜では約10～約200 nm、ポリマー導電体では約1～約10 μmである。

【0036】ソース及びドレイン電極層は、半導体層に対して低抵抗オーム接触となる材料から製造することができる。ソース及びドレイン電極としての使用に適した典型的な材料は、金、ニッケル、アルミニウム、プラチナ、導電性ポリマー、導電性インキなどのゲート電極材料として挙げられたものなどである。この層の典型的な厚さは、例えば、約40 nm～約1 μmであり、より詳細な厚さは約100～約400 nmである。TFTデバイスは、幅W、長さLの半導体チャネルを含む。半導体チャネル幅は例えば約10 μm～約5 mmであり、詳細なチャネル幅は約100 μm～約1 mmである。半導体チャネル長さは例えば約1 μm～約1 mmであり、より詳細なチャネル長さは約5～約100 μmである。

【0037】ソース電極は接地しており、通常約+10～約-80ボルトの電圧をゲート電極に印加したときに、半導体チャネルを通過して移動する電荷キャリアを集

$$I_{SD} = C_i \mu (W/2L) (V_G - V_T)^2 \quad (1)$$

式中、 $I_{SD}$ は飽和領域におけるドレイン電流であり、WとLはそれぞれ半導体チャネルの幅と長さであり、 $C_i$ はゲート誘電体層の単位面積当たりの静電容量であり、 $V_G$ 及び $V_T$ はそれぞれ、ゲート電圧及びしきい電圧である。このデバイスの $V_T$ は、飽和領域における $I_{SD}$ の平方根と、測定データから $I_{SD} = 0$ を外挿して求めたデバイスの $V_G$ との関係から求めた。

【0042】電界効果トランジスタのもうひとつの特性は、その電流オン／オフ比である。これはゲート電圧 $V_G$ がドレイン電圧 $V_D$ と等しいかそれ以上であるときの飽和ソースドレイン電流と、ゲート電圧 $V_G$ がゼロの時

めるため、通常、例えば約0～約-80ボルトのバイアス電圧をドレイン電極に印加する。

【0038】

【実施例】a) デバイスの製造：例えば図3に図示したトップコンタクト型薄膜トランジスタ構造体を用いた。

【0039】この供試デバイスは、n-ドーパシリコンウエハと、その上に熱生成させた厚さ約110 nmの酸化ケイ素層とを含む。ウエハがゲート電極として機能する一方、酸化ケイ素層はゲート誘電体として働き、その静電容量は約32 nF/cm<sup>2</sup>（ナノファラッド／平方センチメートル）であった。デバイスの製造は周囲条件で行い、周囲の酸素、湿気、又は光への材料及びデバイスの暴露を防止する対策は何ら講じなかった。シリコンウエハをまずメタノールで清浄にし、空気乾燥後、0.01 Mの1，1，1，3，3，3-ヘキサメチルジシランのジクロロメタン溶液に、室温（約23～約25℃）で30分間浸した。次にこのウエハをジクロロメタンで洗い、乾燥した。次に、厚さ約30～約100 nmの供試半導体ポリチオフェン層を、速さ1,000 rpm、約35秒間のスピンコーティングにより、酸化ケイ素誘電体層の上に塗布し、真空中80℃で20時間乾燥した。半導体層の製造に使用した溶液は、適当な溶媒に溶解した1重量%のポリチオフェンを含み、使用前に0.45 μmのフィルタで濾過した。その後、金のソース及びドレイン電極を、半導体ポリチオフェン層の上に、様々なチャネル長さの幅のシャドウマスクを通して真空蒸着し、様々な大きさの一連のトランジスタを製作した。念のため製造後のデバイスは、評価の前には相対湿度約30%の乾燥雰囲気中、暗所で保存した。

【0040】b) TFTデバイスの特性評価：電界効果トランジスタの性能を、キースリー（Keithley）4200 SCS半導体特性評価デバイスを用いて、暗箱中周囲条件で評価した。キャリア移動度（μ）は、飽和領域（ゲート電圧、 $V_G < \text{ソースドレイン電圧}$ 、 $V_{SD}$ ）におけるデータより、下記の式（1）に従って計算した。

【0041】

【数1】

のソースドレイン電流との比である。

【0043】比較例

公知の位置規則性ポリチオフェン、一般にP3HTとして知られるポリ（3-ヘキシルチオフェン-2，5-ジイル）を用いて、一連の比較用の薄膜トランジスタを製作した。この材料はアルドリッチ・ケミカル（Aldrich Chemical）より購入し、そのクロロベンゼン溶液からメタノールへの沈殿を3回繰り返して精製した。

【0044】前述の手法に従い、周囲条件下でデバイスを製作した。W=5,000 μm、L=60 μmの大きさのトランジスタを用い、5個以上のトランジスタから

得た平均特性値は次のとおりである。

【0045】移動度:  $1 \sim 1.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$

初期電流オン/オフ比:  $1.5 \sim 2.1 \times 10^3$

5日後の電流オン/オフ比:  $5 \sim 10$

【0046】観察された初期電流オン/オフ比が低いのは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン-2, 5-ジイル)が酸化的ドーピングを受け易く、すなわち環境酸素の存在下ではポリ(3-ヘキシルチオフェン-2, 5-ジイル)が不安定であることを示している。僅か5日のうちに電流オン/オフ比が甚だしく減少するのも、周囲条件でのポリ(3-ヘキシルチオフェン-2, 5-ジイル)の機能不安定性を更に裏付けている。

【0047】実施例

(a) ポリ[5, 5'-ビス(3-ドデシル-2-チエニル)-2, 2'-ジチオフェン] (II-e) の合成:

(II-e) の調製に用いるモノマー、5, 5'-ビス(3-ドデシル-2-チエニル)-2, 2'-ジチオフェンを次のように合成した。

【0048】不活性アルゴン雰囲気中、100mlの丸底フラスコ中で、10mlのTHF(テトラヒドロフラン)に懸濁したマグネシウム細片(1.26g, 51.83mmol)を攪拌機で攪拌しながら、これに40mlの無水THFに溶解した2-ブプロモ-3-ドデシルチオフェン(11.5g, 34.92mmol)の溶液を、20分間かけてゆっくり加えた。得られた混合物を、約22~約25℃の室温で2時間攪拌し、次に50℃で20分間加熱後室温まで放冷した。この得られた混合物をカニューレを用いて、不活性雰囲気中、250mlの丸底フラスコ中の、80mlの無水THFに溶解した5, 5'-ジブプロモ-2, 2'-ジチオフェン(4.5g, 13.88mmol)と、[1, 3-ビス(ジフェニルホスフィノ)プロパン]ジクロロニッケル(II)(0.189g, 0.35mmol)との混合物に加え、48時間還流した。次に、反応混合物を200mlの酢酸エチルで希釈し、水で2回洗い、5%塩酸(HCl)水溶液で洗い、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。溶媒除去後に得られた暗茶色のシロップ状物質を、シリカゲルを用いたカラムクロマトグラフ法で精製し、黄色結晶の5, 5'-ビス(3-ドデシル-2-チエニル)-2, 2'-ジチオフェン(収率55%、融点58.9℃)を得た。

【0049】上記で得られた化合物のNMRスペクトルを、室温において、ブルカ(Bruker)DPX300NMRスペクトロメータを用いて測定した。

$^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.18 (d,  $J=5.4\text{ Hz}$ , 2H), 7.13 (d,  $J=3.6\text{ Hz}$ , 2H), 7.02 (d,  $J=3.6\text{ Hz}$ , 2H), 6.94 (d,  $J=5.4\text{ Hz}$ , 2H), 2.78 (t, 4H), 1.65 (q, 1.65Hz, 4H), 1.28

(bs, 36H), 0.88 (m, 6H)

【0050】5, 5'-ビス(3-ドデシル-2-チエニル)-2, 2'-ジチオフェンの重合は、次のように、 $\text{FeCl}_3$ を介在させた酸化的カップリング反応により行った。

【0051】乾燥雰囲気中、50mlの丸底フラスコ中で、3mlのクロロホルムに加えた $\text{FeCl}_3$ (0.40g, 2.47mmol)の混合物を良く攪拌しながら、これに7mlのクロロホルムに溶解した5, 5'-ビス(3-ドデシル-2-チエニル)-2, 2'-ジチオフェン(0.50g, 0.75mmol)の溶液を約10分間かけてゆっくりと加えた。得られた混合物を乾燥空気気流中、50℃で1時間、次に40℃で24時間加熱した。重合後、この混合物を20mlのトルエンで希釈し、水で3回洗った。有機相を分け、200mlの7.5%アンモニア水溶液と1時間半攪拌し、水で3回洗った後、メタノール中に注いで粗ポリチオフェン生成物を沈殿させた。後者を、メタノール、ヘキサン、及びクロロベンゼンを用いたソックスレー抽出により精製した。ポリスチレン標準との比較より求めた $M_w$ は27,300、 $M_n$ は16,900であった。

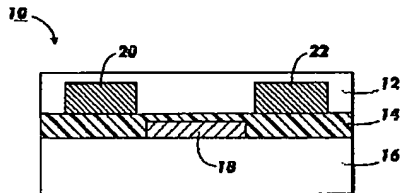
【0052】次のポリチオフェン類を用いて、クロロベンゼンに溶解した1重量%のポリチオフェンの溶液をスピンコーティングし、真空中80℃で20時間乾燥して、薄膜トランジスタデバイスを本件に述べるように製造した。デバイス製造の間、周囲の酸素、湿気、又は光を除くような対策は取らなかった。 $W=5,000\mu\text{m}$ 、 $L=60\mu\text{m}$ の大きさのトランジスタを用いて、各ポリチオフェンについて5個以上の別々のトランジスタからの平均特性値を次の表1にまとめた。

【0053】

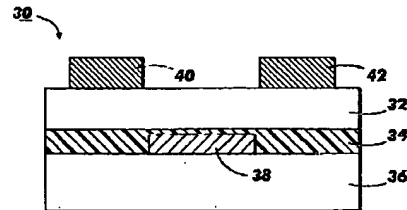
【表1】

ポリチオフェン(II-e) M <sub>n</sub> (M <sub>n</sub> )	反応/精製条件	移動度 (cm <sup>2</sup> /V·sec) × 10 <sup>-4</sup>	初期電流 オン/オフ比 × 10 <sup>3</sup>	5日後の 電流オン/オフ比
3,880 (3,880)	25℃(24時間); メタノールから沈殿	0.8~2.0 × 10 <sup>-4</sup>	1.2 × 10 <sup>3</sup>	-
14,900 (9,000) (8,000)	40℃(1時間)、 次に25℃(48時間); トルエンで抽出	2.0~3.1 × 10 <sup>-4</sup>	2.2~4.7 × 10 <sup>3</sup>	-
14,900 (9,000) デバイス2は 更に135℃で10分 アニールした	40℃(1時間)、 次に25℃(48時間); トルエンで抽出	1.1~3.4 × 10 <sup>-4</sup>	4.5~9.0 × 10 <sup>3</sup>	0.7~1.1 × 10 <sup>3</sup>
19,000 (11,400)	40℃(24時間)、 次に25℃(24時間); メタノール、ヘキサン、次に クロロベンゼンで抽出	1.9~8.7 × 10 <sup>-4</sup>	5.0~8.5 × 10 <sup>3</sup>	1.0~2.5 × 10 <sup>3</sup>
27,300 (16,800)	50℃(1時間)、 次に40℃(24時間); メタノール、ヘキサン、次に クロロベンゼンで抽出	0.8~2.0 × 10 <sup>-4</sup>	1.0~5.1 × 10 <sup>3</sup>	1.9~3.2 × 10 <sup>3</sup>

【図1】



【図2】



【0054】更に、本発明のM<sub>n</sub>27,300のポリチオフェンを用いたデバイスの、40日後の平均電流オン/オフ比は、例えば、約 $1 \times 10^5$ であった。

【0055】例えば、本デバイスの初期電流オン/オフ比が高く、電流オン/オフ比の低下が遅いことから、本発明のポリチオフェン半導体層が安定であることが示された。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるポリチオフェン類を用いた実施の形態のTFT構造体の概略図である。

【図2】 本発明によるポリチオフェン類を用いた実施の形態の別のTFT構造体の概略図である。

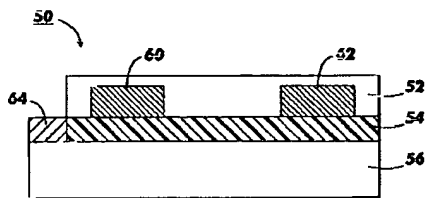
【図3】 本発明によるポリチオフェン類を用いた実施の形態の別のTFT構造体の概略図である。

【図4】 本発明によるポリチオフェン類を用いた実施の形態の別のTFT構造体の概略図である。

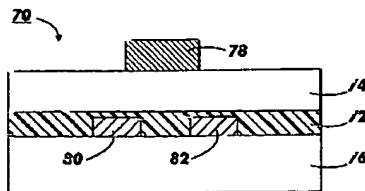
#### 【符号の説明】

10 TFT構造体、12 ポリチオフェン半導体層、14 絶縁性誘電体層、16 基板、18、20、22 金属接点、30 TFT構造体、32 ポリチオフェン半導体層、34 絶縁性誘電体層、36 基板、38 ゲート電極、40 ソース電極、42 ドレイン電極、50 TFT構造体、52 ポリチオフェン半導体層、54 酸化ケイ素誘電体層、56 シリコンウエハ、60 ソース電極、62 ドレイン電極、70 TFT構造体、72 ポリチオフェン半導体層、74 絶縁性誘電体層、76 基板、78 ゲート電極、80 ソース電極、82 ドレイン電極。

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 リュ ジヤング  
カナダ オンタリオ オークヴィル スピ  
アーズ ロード 41 アパートメント  
502  
(72)発明者 ユー キ  
カナダ オンタリオ ミッシソーガ グレ  
ン エリン ドライブ 6650 #607

(72)発明者 イリアン ウー  
カナダ オンタリオ ミッシソーガ ボナ  
ー ロード 2360 アパートメント 1004  
Fターム(参考) 4J032 BA04 BB01 BC03 BD07 CG01  
5F110 AA05 AA16 CC03 CC05 CC07  
DD01 DD02 DD05 EE01 EE02  
EE03 EE07 EE08 EE42 EE43  
EE44 FF01 FF02 FF03 FF05  
FF27 GG05 GG06 GG25 GG28  
GG29 GG42 HK01 HK02 HK03  
HK07 HK32 QQ06